



CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

***ENTORNO PARA EL ENTRENAMIENTO DE
OPERADORES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.***



AUTOR: SERGIO GIL LOSTES

DIRECTOR: D. JOSÉ LUIS BERNAL AGUSTÍN

Febrero de 2011

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar el presente proyecto dando un sincero agradecimiento a D. José Luis Bernal, por haberme dirigido durante la realización del mismo, por todas sus atenciones y ayudas prestadas, así como por haber hecho parecer liviano o muy llevadero algo tan trabajado como un Proyecto Final de Carrera.

De igual manera me gustaría darlos a mi familia, sin los cuales no podría haber llegado hasta donde me encuentro ahora mismo, sin cuyo apoyo ni ánimo el camino recorrido habría sido mucho más duro y complicado de lo acontecido.

Me gustaría mencionar de especial manera a mis padres, José Luis y María Teresa, y a mis hermanos José Ignacio y Javier, por todos esos momentos en los cuales el desánimo o el cansancio ha podido ser un obstáculo, y que gracias a ellos ha sido más sencillo sobrellevarlo, así como a todo el resto de mis familiares.

Finalmente me gustaría expresar a todos los amigos tanto de toda la vida, como los que he encontrado en mis años universitarios mis más sinceras gracias por haberme ayudado a ser la persona que hoy en día soy, y porque todos mis logros incluyendo éste es en alguna proporción suyos.

El fin de una etapa de mi vida que concluye en este momento, significa el comienzo de otra, que espero afrontar con la misma ilusión y fortuna de las que he disfrutado hasta ahora.

Muchas gracias a todos.

ENTORNO PARA EL ENTRENAMIENTO DE OPERADORES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

RESUMEN

El objeto del presente Proyecto Fin de Carrera consiste en la creación de un conjunto de herramientas, que sirven para realizar el entrenamiento efectivo de los operadores que se encargarán de la realización de maniobras en subestaciones eléctricas, siguiendo para ello los procedimientos aplicados por las compañías eléctricas.

Para ello en primer lugar se va a formar al usuario en todo lo concerniente a las subestaciones eléctricas, previamente a su capacitación para realizar maniobras, para conocer el entorno en el cual va a operar y que permitirá al usuario el perfecto conocimiento de la composición, funcionamiento y maniobra de una subestación eléctrica, cualquiera que sea su configuración y función. Concretamente:

- Descripción de los diferentes tipos de subestaciones eléctricas.
- Configuraciones de las mismas que pueden encontrarse.
- Elementos sobre los que actuar para la realización de las maniobras y dispositivos empleados para manejar los mismos, así como su representación.
- Guía de los pasos a seguir para maniobrar cada configuración de subestación, medidas de seguridad a tomar así como la normativa a cumplir.

Por otro lado y como parte más reseñable del proyecto se incorporan dos programas de software para la creación de ejercicios prácticos. El primero de ellos (HotPotatoes) permite al usuario realizar la evaluación de la formación que habrá desarrollado previa a las maniobras, con la utilización de este proyecto a través de la generación de diferentes modalidades de test multimedia creados para dicho fin.

El segundo (CADE-SIMU) conlleva la parte más importante y última a la que se destina este proyecto, el entrenamiento en la realización de maniobras sobre cualquier tipo de subestación eléctrica posible. Ello se consigue gracias a la simulación con el programa de la misma por medio de diversos circuitos eléctricos (equivalentes a la subestación real), sobre los cuales el usuario puede realizar cualquier posible operación sin ningún peligro en caso de error. Ello no es realizable en subestaciones reales, por lo que es muy beneficioso para la utilización de operarios locales y el personal de los Centros de Control. El software comunicará al usuario por medio de un aviso, que ha cometido un error en la maniobra.

Cabe destacar que al igual que este proyecto se puede enfocar a empresas del sector eléctrico, también puede ser utilizado en el ámbito docente como parte de la preparación de los alumnos al final de su carrera, acercándoles y preparándoles para casos reales que se puedan encontrar en un futuro no muy lejano.

ÍNDICE

MEMORIA	5
TEMA 1. CONSTITUCIÓN DE UNA SUBESTACIÓN	1
1.1 Subestaciones convencionales	1
1.2 Subestaciones Blindadas Sistema G.I.S.	1
TEMA 2. POSICIONES EN UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	2
2.1 Posición de línea	2
2.2 Posición de barras o embarrados/celdas del lado de alta	2
2.3 Posición de primario del transformador	2
2.4 Posición de transformador	2
2.5 Posición de barras/celdas del lado de baja	2
TEMA 3. DISPOSICIÓN DE LAS SUBESTACIONES.....	3
3.1 Barra simple.....	3
3.2 Barra simple con bypass	3
3.3 Barra partida.....	4
3.4 Barra simple y barra de transferencia	4
3.5 Barra doble	4
3.6 Barra doble con bypass	5
3.7 Doble barra con una o dos barras de transferencia	5
3.8 Doble barra-doble interruptor	6
3.9 En anillo	6
3.10 Interruptor y medio	7
3.11 Triple barra	7
TEMA 4. ELEMENTOS DE UNA SUBESTACIÓN QUE INTERVIENEN EN LA MANIOBRA	8
4.1 Interruptores	8
4.1.1 El arco eléctrico	8
4.1.2 Procedimientos de extinción del arco eléctrico	9
4.1.3 Sistemas de accionamiento	11
4.2 Seccionadores.....	12
4.2.1 Seccionador de cuchillas giratorias	12
4.2.2 Seccionadores de cuchillas deslizantes	13
4.2.3 Seccionadores de columnas giratorias	13
4.2.4 Seccionadores de pantógrafo.....	13
TEMA 5. SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE LAS SUBESTACIONES.....	15

TEMA 6. DISPOSTIVOS EMPLEADOS PARA ORDENAR MANIOBRAS	16
6.1 Pulsadores.....	16
6.2 Conmutadores de símbolo y mando.....	16
TEMA 7. PREMISAS PARA REALIZAR MANIOBRAS	18
7.2 Seguridad	18
7.2.1 Reglamentación vigente	18
7.2.2 Protecciones contra el accidente eléctricos	18
7.2.3 Definiciones.....	19
7.2.4 Sistemas de trabajo.....	19
TEMA 8. MANIOBRAS EN SUBESTACIONES.....	21
8.1 Premisas para la realización de maniobras.....	21
8.2 Vocabulario	21
8.3 Orden de operación en los aparatos de corte	21
8.3.1 Orden de operación de los aparatos de corte de línea.....	21
8.4 Enclavamiento y bloqueos en los aparatos de corte	21
8.5 Realización de maniobras	22
8.6 Maniobras de explotación en líneas	22
8.7 Maniobras en transformadores	22
8.8 Maniobras para el acoplamiento de transformadores	22
8.9 Transformador o autotransformador en consignación o descargo	22
8.10 Maniobras en embarrados.....	22
TEMA 9. EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN.....	24
9.1 Ejercicios teóricos	24
9.2 Ejercicios de simulación	26
TEMA 10. CONCLUSIONES	28

MEMORIA

TEMA 1. CONSTITUCIÓN DE UNA SUBESTACIÓN

La innovación tecnológica y el conocimiento de nuevos medios dieléctricos aplicables a los diferentes elementos que componen una subestación eléctrica permiten reducir las distancias y compactar las dimensiones totales de las subestaciones eléctricas.

Dicho hito permite clasificar las subestaciones eléctricas en dos grandes grupos:

- Subestaciones Convencionales.
- Subestaciones Blindadas Sistema G.I.S (SF₆).

Ambos tipos de subestaciones pueden clasificarse según el emplazamiento que ocupen en:

- Subestaciones de Intemperie.
- Subestaciones de Interior.

Así mismo también se pueden clasificar las subestaciones según sea la función que realicen en:

- Subestaciones de maniobra
- Subestaciones de transformación pura
- Subestaciones de transformación/maniobra
- Subestaciones de transformación/cambio de número de fases
- Subestaciones de rectificación
- Subestaciones de central

Rigiéndose por criterios económicos, hoy en día las Subestaciones Convencionales se disponen de tipo Interior en el caso de que la tensión sea igual o inferior a 36 kV, por otro lado lo habitual es disponer de Subestaciones Convencionales de tipo Intemperie cuando nos encontramos en un rango de tensiones entre 45 y 765 kV.

1.1 Subestaciones convencionales

Para el caso de subestaciones convencionales el medio dieléctrico existente entre conductores y tierra que se utiliza en dichas configuraciones es el aire, y las distancias se basan en el valor resultante de la rigidez dieléctrica del aire incrementado en los niveles de seguridad.

1.2 Subestaciones Blindadas Sistema G.I.S.

Las subestaciones blindadas incluyen un nuevo dieléctrico entre los conductores y tierra en el interior de sus elementos, es el hexafluoruro de azufre (SF₆), el cual es un gas muy estable, no inflamable y con una alta capacidad dieléctrica.

Para mayor información sobre las características de cada tipología acudir al Anexo I (Tipologías de Subestaciones Eléctricas), donde se presentan multitud de figuras.

TEMA 2. POSICIONES EN UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Se denomina posición o módulo al conjunto de aparatos de corte para un mismo nivel de tensión que intervienen en las maniobras de un circuito de Alta Tensión, estando constituida una posición principalmente por un interruptor y dos o más seccionadores.

2.1 Posición de línea

Es aquella instalación dentro de una subestación eléctrica que está formada por: entrada o salida de cables subterráneos o aéreos (pórtico de acometida), aislamiento eléctrico y puesta a tierra (interruptores y seccionadores), elementos de medida, protección automática y en ocasiones protección frente a rayos.

2.2 Posición de barras o embarrados/celdas del lado de alta

Son los nudos donde se realizan la alimentación y el reparto de energía dentro de un mismo nivel de tensión, siendo su función la de realizar la conexión/aislamiento entre posiciones de líneas o entre posiciones de transformadores.

2.3 Posición de primario del transformador

Son todos los elementos que se encuentran previos al propio transformador, incluyéndose entre los mismos la protección automática (interruptor automático-52), la medida (transformador de intensidad-TI) o la protección frente a rayos (pararrayos-PA).

2.4 Posición de transformador

Los bancos de transformación están formados por todos aquellos elementos del parque donde se realizan procesos de transformación con el fin de suministrar energía, pudiendo estar formados dichos bancos por unidades monofásicas o por unidades trifásicas.

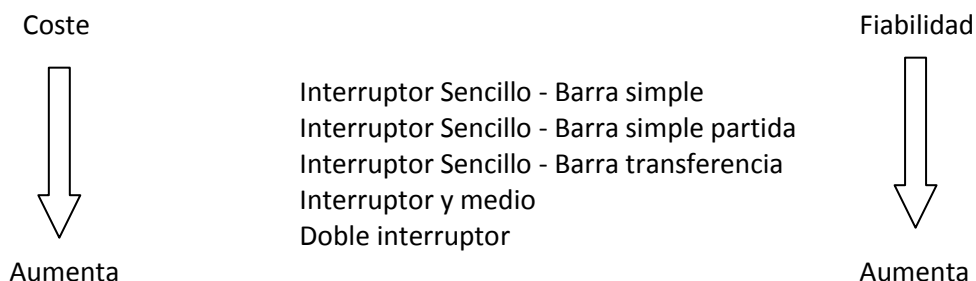
2.5 Posición de barras/celdas del lado de baja

En el caso de embarrado sus características son similares a las expuestas en el punto 2.2, salvo que al encontrarnos en un nivel de tensión diferente, si nos encontramos en media tensión se utilizarán celdas prefabricadas pues poseen como ventajas la sencillez en cuanto al montaje así como la integración de equipos en su interior.

En el Anexo 2 (Posiciones Existentes en S.E) se presentan gráficamente cada una de las posiciones anteriores tanto respecto a esquema como elementos que lo componen, y explicados en mayor detalle.

TEMA 3. DISPOSICIÓN DE LAS SUBESTACIONES

Existen múltiples posibilidades a la hora de realizar el diseño de una subestación eléctrica, por ello resulta recomendable el seguir una serie de pautas para optimizarlo y dirimir que opciones son más adecuadas que otras.



Los más empleados por REE para el transporte son las configuraciones de interruptor y medio, doble barra con doble interruptor y barra simple.

3.1 Barra simple

En esta configuración todos los circuitos se encuentran directamente conectados a una única barra, por ello posee pocos dispositivos y ocupa poco espacio, conllevando todo ello una explotación de forma muy sencilla con un reducido coste respecto a otras configuraciones.

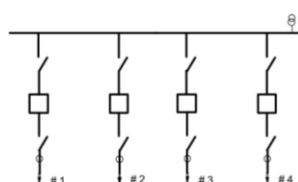


Figura 1.
Esquema barra simple

3.2 Barra simple con bypass

Este esquema sirve para en el caso de que se realice el mantenimiento en el interruptor evitar dejar sin servicio a la instalación, ya que éste se puentea por medio del seccionador de bypass.

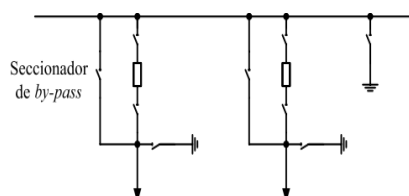


Figura 2.
Esquema barra simple con bypass

3.3 Barra partida

Su configuración se basa en la división de los embarrados en partes a través de un seccionador o interruptor, aumentándose la seguridad y la flexibilidad de operación y de mantenimiento.

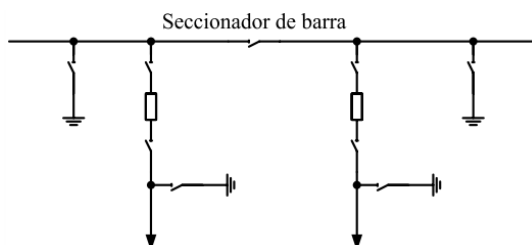


Figura 3.
Esquema barra partida

3.4 Barra simple y barra de transferencia

Esta configuración consiste en una evolución de la anteriormente descrita de barra simple con bypass.

Por un lado, el seccionador de bypass se encuentra conectado a la barra de transferencia, por el otro el interruptor de las líneas, transformadores, etc van conectados a las barras principales.

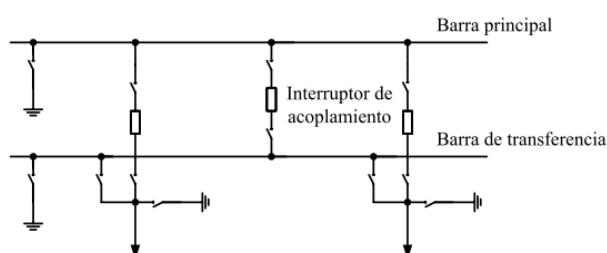


Figura 4.
Esquema barra simple y
barra de transferencia

3.5 Barra doble

Como su propio nombre indica se compone de 2 juegos de barras, existiendo el mismo número de dispositivos que en el caso de barra simple y barra de transferencia.

Las líneas se pueden conectar indistintamente a cualquier barra protegidas por su propio interruptor, produciéndose la unión entre las 2 barras por medio de una posición de acoplamiento.

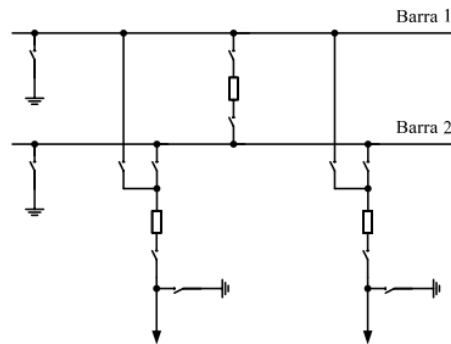


Figura 5.
Esquema barra doble

3.6 Barra doble con bypass

Es igual que la configuración anterior salvo que las líneas disponen de bypass, presentando también las mismas ventajas que la anterior junto con que existe la posibilidad de reparar el interruptor de la disposición dañada.

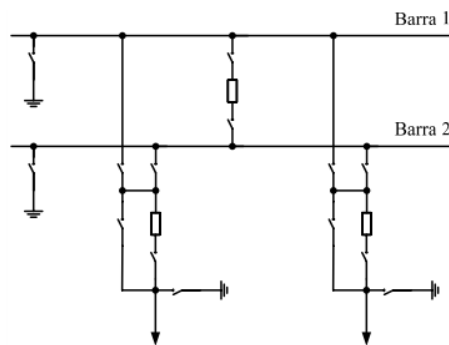


Figura 6.
Esquema barra doble con bypass

3.7 Doble barra con una o dos barras de transferencia

Su uso predominante es en aquellos casos en los que resulte imprescindible que exista un suministro continuo.

Esta configuración consiste en un doble juego de barras a las cuales van conectadas las líneas por medio de seccionadores y los de bypass lo hacen a las barras de transferencia. La utilidad de los módulos de acoplamiento es la de servir de unión eléctrica entre las barras de transferencia con cualquiera de las otras dos.

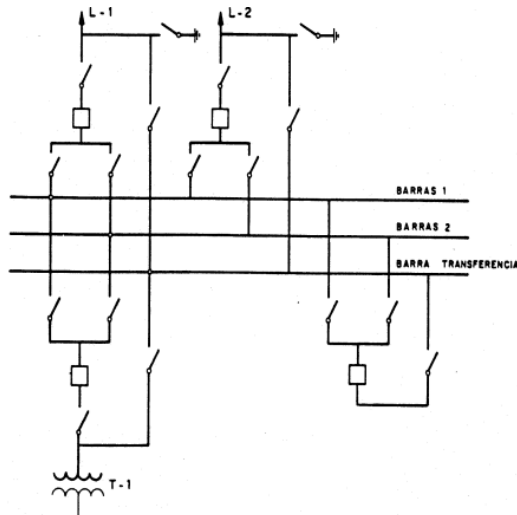


Figura 7.
Esquema barra con barra de transferencia

3.8 Doble barra-doble interruptor

Cada circuito se encuentra protegido por dos interruptores diferentes, por lo que ninguna maniobra de un interruptor puede afectar a más de un circuito, lo cual se refleja en que si se produjese un fallo o mantenimiento en una barra conllevaría la conexión de las líneas a la otra barra.

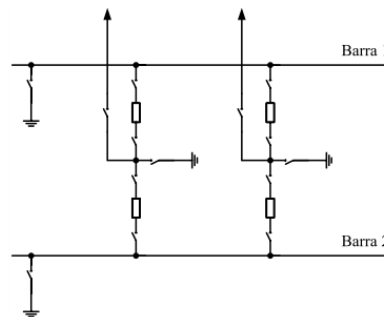


Figura 8.
Esquema barra-doble interruptor

3.9 En anillo

Su forma es, como su propio nombre indica, en anillo donde a cada pieza del equipo le corresponden dos interruptores separados, con lo que si se produce una falta sólo queda aislada la zona donde se ha producido la misma.

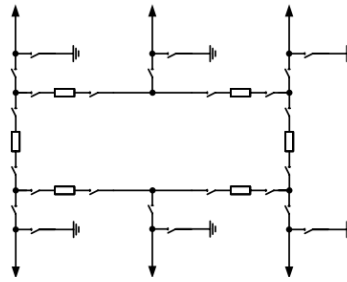


Figura 9.
Esquema en anillo

3.10 Interruptor y medio

En esta configuración tres interruptores protegen dos líneas, lo cual junto con que se utilizan dos barras, si se produce una falta en una de ellas no producirá el disparo de ninguno de los equipos y solo despejará la barra defectuosa.

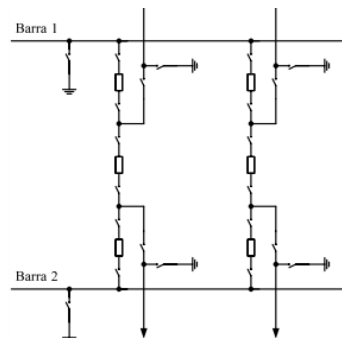


Figura 10.
Esquema interruptor y medio

3.11 Triple barra

Esta configuración posee las mismas ventajas que la configuración de doble carga pero con una mayor fiabilidad ya que si se aísla una barra nos encontramos en la misma situación que si existiese doble barra.

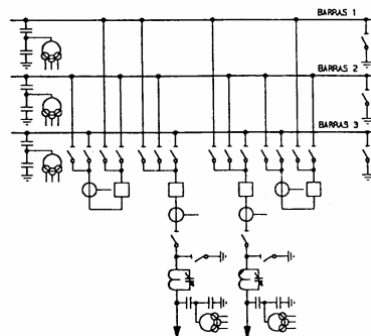


Figura 11.
Esquema barra triple

TEMA 4. ELEMENTOS DE UNA SUBESTACIÓN QUE INTERVIENEN EN LA MANIOBRA

Los equipos principales que intervienen en las maniobras de las subestaciones eléctricas son los siguientes:

- Interruptores
- Seccionadores

4.1 Interruptores

Es un aparato mecánico de conexión, capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en condiciones normales del circuito, y en circunstancias específicas de sobrecarga de servicio, al igual que durante un tiempo determinado (generalmente fracciones de segundo) intensidades anormales del circuito (cortocircuitos).

Toda tarea que deba de realizar el mismo debe de ejecutarla sin causar ningún tipo de perturbación secundaria, por lo que debe de poseer extrema fiabilidad tanto mecánicamente como eléctricamente. Para mayor información sobre modelos actuales, explicación en mayor profundidad acudir al Anexo 4, apartado 4.1.

4.1.1 El arco eléctrico

Como ya hemos indicado con anterioridad, cuando circula corriente a través de un interruptor y éste abre sus contactos separándolos, se produce una chispa o arco entre los mismos. Se puede ampliar información en [22].

En casos generales, la aparición de un arco eléctrico puede venir provocada por dos motivos diferentes:

- Elevación suficiente de la diferencia de potencial entre dos conductores.
- Separación de los contactos del aparato de corte.



Figura 12.
Arco eléctrico

4.1.2 Procedimientos de extinción del arco eléctrico

Como ya expusimos anteriormente la existencia del arco eléctrico supone un problema para los elementos que componen los sistemas de maniobra y corte en subestaciones, por lo que a lo largo del tiempo se han ideado diferentes tipos de sistemas de extinción del arco en interruptores automáticos:

- Aceite
- Aire comprimido
- Soplado magnético
- Vacío (usado actualmente en media tensión)
- SF₆ (usado frecuentemente en la actualidad en media tensión y alta tensión)

Una gráfica resumen de forma muy orientativa de qué tipo de sistema de extinción elegir viene detallada a continuación:

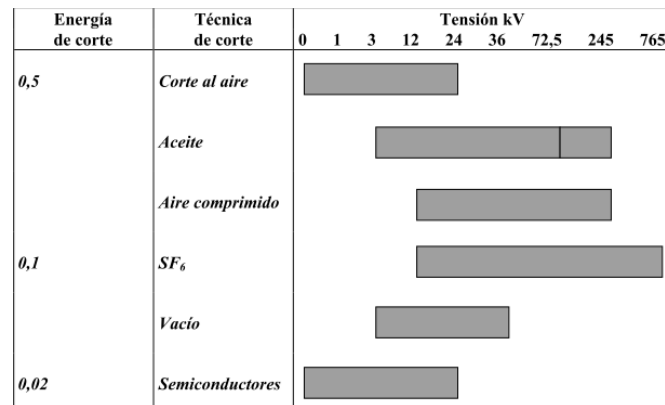


Figura 13.

Procedimiento de extinción de arco
más favorable según nivel de tensión
(Fuente: [6])

4.1.2.1 Extinción del arco en aceite

La extinción del arco eléctrico se realiza en este caso sumergiendo el arco en un líquido aislante como el aceite para acelerar dicho proceso.

En el momento en el cual los contactos móviles del interruptor se separan de los fijos, se crea un arco eléctrico, en dicho momento parte del aceite se volatiliza mientras que otra parte se descompone formando hidrógeno, metano y acetileno.



Figura 14.
Interruptor de gran volumen
de aceite

4.1.2.2 Extinción por aire comprimido

Los interruptores de aire comprimido (neumáticos) utilizan la propiedad que posee el aire a presión al expandirse para extinguir el arco eléctrico. El modo de funcionamiento de este sistema consiste en que al inyectarse aire a presión dentro del arco, el arco se desioniza al pasar la corriente por cero.

4.1.2.3 Extinción por soplado magnético

En serie con los contactos del interruptor se encuentra conectada una bobina de soplado, cuyo modo constructivo es el de un núcleo de hierro alrededor del cual va enrollado varias veces un hilo o una pletina de cobre.

El funcionamiento de este sistema es simple, mientras el interruptor se encuentre cerrado o exista arco eléctrico, la corriente circulará por la bobina generándose un campo magnético que llevará asociado una fuerza de empuje, dicha fuerza desplazará el arco hacia arriba provocando la ruptura del mismo por alargamiento.

4.1.2.4 Extinción mediante vacío

Consiste en que la separación de los contactos del interruptor se realice en el interior de una cámara de vacío, entre 10^{-2} y 10^{-5} Pascales. Se utiliza como medio de extinción el vacío debido a la ausencia de los átomos que se requieren para la ionización.

4.1.2.5 Extinción mediante SF₆

A mediados de la década de los 50 se descubrió el hexafluoruro de azufre (SF₆), con excelentes propiedades aislantes y de extinción del arco.

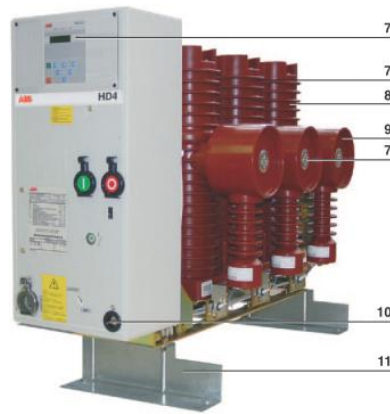


Figura 15.
Interruptor de SF6 (Fuente: [1])

4.1.3 Sistemas de accionamiento

En este apartado se tratarán los sistemas cuya función es la de realizar la separación entre la parte móvil y la parte fija del interruptor por medio de proporcionar energía a la parte móvil del interruptor.

Para ello vamos a estudiar los diferentes tipos de sistemas de accionamiento existentes:

- Por acumulación de energía
- Por aire comprimido
- Por líquido a presión

4.1.3.1 Accionamiento por acumulación de energía

El funcionamiento de este tipo de accionamientos consiste en la acumulación de energía en el mecanismo de cierre, realizado anterior al accionamiento, como puede ser el de un muelle o resorte tensado por medio de un motor eléctrico o incluso de forma manual.

4.1.3.2 Accionamiento por aire comprimido

Para este caso, el mando de dicho accionamiento puede ser realizado manualmente, por medio de una válvula o por medio de una electroválvula.

Gracias a la presión a la que se encuentra el aire comprimido, la conexión del interruptor se puede realizar de una forma muy rápida. En este caso, el tensado de los muelles de desconexión se efectúa durante la maniobra de conexión por lo que el aire comprimido sólo se usa para las maniobras de conexión.

4.1.3.3 Accionamiento por líquido a presión

El líquido a presión que se utiliza en la mayor parte de los casos es el aceite, en dicho caso se habla generalmente de “accionamiento oleoneumático II”.

El modo de funcionamiento de este accionamiento consiste en la circulación del aceite a lo largo de un circuito cerrado, consiguiendo alcanzar la alta presión necesaria por medio del nitrógeno a presión.

4.2 Seccionadores

Son dispositivos de maniobra que generalmente van asociados con los interruptores y cuya función es la de interrumpir de forma visible el paso de corriente en un circuito, realizándose las operaciones de apertura y cierre en vacío, es decir sin carga en la instalación y por ello sin que circule corriente a través de los mismos.

Según la definición de la norma UNE, son aparatos mecánicos de conexión que aseguran en posición de abierto una distancia de seccionamiento que satisface las condiciones específicas. En el Anexo 4 nos encontramos mayor número de figuras y una explicación más en profundidad, en el apartado 4.2.

Existe una gran variedad y posibilidades constructivas dentro de los seccionadores, su elección y características dependerá generalmente de la instalación en la cual se vayan a instalar. Se pueden clasificar según su modo de accionamiento:

- Cuchillas giratorias
- Cuchillas deslizantes
- Columnas giratorias
- Pantógrafo

4.2.1 Seccionador de cuchillas giratorias

Son los más empleados para tensiones medias, tanto para configuraciones de interior como de exterior, pudiéndose disponer de seccionadores unipolares y tripolares.

Su construcción consiste básicamente en disponer de una base o cuerpo metálico rígido donde se apoyarán el resto de elemento, dos aisladores soporte de porcelana, un contacto o pinza fija de contacto y un contacto móvil o cuchilla giratoria (tanto el contacto fijo como móvil van montados en cada uno de los aisladores de porcelana).



Figura 16.
Seccionador de cuchillas giratorias
(Fuente: [3])

4.2.2 Seccionadores de cuchillas deslizantes

Su modo constructivo es muy similar al de cuchillas giratorias, presentando por un lado la ventaja de requerir un menor espacio en sus maniobras debido a que sus cuchillas se desplazan longitudinalmente, siendo aptos para su instalación en lugares más angostos.

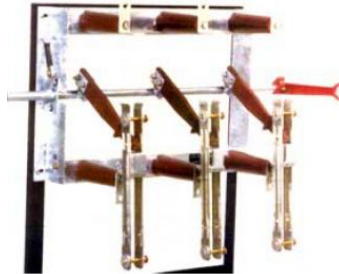


Figura 17.

Seccionador de cuchillas deslizantes

(Fuente: [3])

4.2.3 Seccionadores de columnas giratorias

Se encuentra en instalaciones de intemperie y para tensiones de servicio entre 33 kV y 220 kV. En el caso de tensiones hasta 72.5 kV las cuchillas principales están constituidas por pletinas de cobre mientras que para el caso de tensiones superiores es un tubo de cobre aplanado.



Figura 18.

Seccionador de columnas giratorias

(Fuente: [5])

4.2.4 Seccionadores de pantógrafo

Los seccionadores se inventaron para simplificar la concepción y realización de instalaciones de distribución de alta tensión a la intemperie, puesto que con ellos se reduce de manera significativa la superficie necesaria que ocupan los seccionares de otras configuraciones.

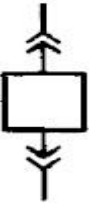


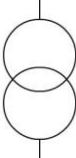
Un único soporte aislante sustenta la parte móvil que está formada por un sistema mecánico de barras conductoras. La parte fija, llamada trapecio, está colgada de un cable o tubo exactamente sobre el pantógrafo de tal manera que al irse elevando la parte superior de éste, se conecta con la mordaza fija cerrando el circuito.



Figura 19.
Seccionador de pantógrafo

TEMA 5. SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE LAS SUBESTACIONES

Tras haber descrito qué son y para qué sirven los elementos vistos anteriormente descritos, vamos a ver como se representan y especifican algunos de los que nos podemos encontrar en una subestación eléctrica.

	Interruptor con carro extraíble.
	Seccionador.
	Seccionador de pantógrafo
	Transformador de dos arrollamientos (monofásico). Unifilar

1	ELEMENTO MAESTRO
52	INTERRUPTOR DE POTENCIA C.A.
89	SECCIONADOR

Figura 20.
Simbología y numeración de elementos
(Fuente: [5])

Se puede observar toda la simbología, así como la numeración para cada elemento de la subestación en el Anexo 5.

TEMA 6. DISPOSITIVOS EMPLEADOS PARA ORDENAR MANIOBRAS

Anteriormente hemos visto los diversos tipos y funcionamiento de los diferentes elementos que pueden realizar el corte, en este apartado explicaremos como se realiza el mando de dichos elementos. Para mayor información y modelos Anexo 6, apartado 6.1

Existen dos posibles formas de controlar el mando, que se encuentra formando parte del aparato de corte que acciona:

- Localmente: el mando se encuentra en el propio aparato.
- A distancia: desde el cuadro de control o desde telemando.

Estos dispositivos sobre los que se puede operar son:

- Pulsadores
- Conmutadores
- Conmutadores de símbolo y mando

6.1 Pulsadores

Los pulsadores son dispositivos que al realizar una actuación sobre él alterna su estado entre abierto y cerrado, existiendo dos tipos de pulsadores, pulsadores de marcha y pulsadores de paro.



Figura 21.
Tipos de pulsadores

6.2 Conmutadores de símbolo y mando

Su funcionamiento es similar al del pulsador, pero presenta como ventaja que posee un gran número de contactos a la par que es capaz de variar su posición en diferentes momentos. Todo ello conlleva que el conmutador sea mucho más interesante al exponer mayor número de posibilidades que el pulsador.



Figura 22.
Conmutadores de llave

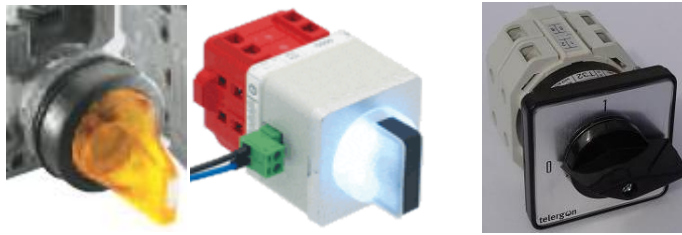


Figura 23.
Conmutadores luminosos y no luminosos



Figura 24.
Panel de control de una subestación

TEMA 7. PREMISAS PARA REALIZAR MANIOBRAS

Todo sistema de potencia tiene como fin adoptar los recursos energéticos disponibles a la demanda del mercado cumpliendo algunas premisas esenciales:

- Continuidad en el servicio
- Calidad del servicio
- Seguridad en el trabajo

Se entiende como servicio la acción y efecto de proporcionar energía eléctrica al cliente que la ha contratado.

La continuidad del servicio en una subestación depende fundamentalmente de dos características: la constitución de la misma que se define por la de los embarrados, y por otro lado de las condiciones anormales de funcionamiento a las que puede estar sometida, tales como sobrecargas, deterioro de aislantes, acción de animales, etc.

7.2 Seguridad

Tiene como finalidad la protección de personas y de instalaciones durante las maniobras. Éstas se realizan generalmente o desde el cuadro de control o telemando, o bien directamente sobre los aparatos en el propio parque.

7.2.1 Reglamentación vigente

- a) Estatuto de los trabajadores
- b) Ordenanza General de Seguridad e Higiene
- c) Ordenanza de Trabajo correspondiente a las actividades de la Empresa
- d) Instrucciones de AMSYS para ejecución de trabajos

7.2.2 Protecciones contra el accidente eléctricos

Los trabajos en instalaciones eléctricas deben de realizarlos personas cuya seguridad esté garantizada, para lo cual deben de conocer los riesgos a los que se exponen y cómo prevenirlos.

- a) Clases de contactos

- Directos:
- Indirectos:

- b) Sistemas de prevención.

- Prendas de trabajo: Se utilizará en todo momento la ropa de trabajo.
- Elementos de protección:



Figura 25.
Elementos de protección personal

- Medios de trabajo manuales.
- Herramientas portátiles.

7.2.3 Definiciones

En el Anexo 7, apartado 7.2 se encuentran las definiciones de cada uno de los siguientes términos:

- 7.2.3.1 Clases de instalaciones
- 7.2.3.2 Despacho o centro de maniobras
- 7.2.3.3 Bloqueo o enclavamiento de un aparato
- 7.2.3.4 Consignación o descargo de una instalación
- 7.2.3.5 Verificación de ausencia de tensión
- 7.2.3.6 Poner a tierra
- 7.2.3.7 Poner a tierra y en cortocircuito
- 7.2.3.8 Jefe de Explotación
- 7.2.3.9 Agente de consignación o descargo
- 7.2.3.10 Jefe de trabajos
- 7.2.3.11 Zona protegida
- 7.2.3.12 Zona de trabajo

7.2.4 Sistemas de trabajo

a) Trabajos sin tensión:

Se deben de cumplir las 5 reglas de oro:

- 1ª Regla de Oro:
Apertura con corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.

- 2ª Regla de Oro:
Enclavar o bloquear si es posible, los aparatos de corte y señalización en el mando de los aparatos.
- 3ª Regla de Oro:
Reconocer la ausencia de tensión en los elementos que constituyen la instalación eléctrica.
- 4ª Regla de Oro:
Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que indican en la zona de trabajo.
- 5ª Regla de Oro:
Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo.

Para una mayor explicación de las reglas de oro acudir al Anexo 7, apartado 7.2.

b) Trabajos en proximidad de tensión:

Se deben de respetar las distancias mínimas de seguridad para realización de trabajos que se indican en el Anexo 7, apartado 7.2.4.

c) Trabajos en tensión

En la ejecución de los trabajos en tensión, se aplicará de forma restrictiva en todo momento y aplicando en todos los puntos la instrucción general de trabajos en tensión.

TEMA 8. MANIOBRAS EN SUBESTACIONES

8.1 Premisas para la realización de maniobras

Maniobras son las operaciones voluntarias que provocan un cambio de estado en una instalación o equipo eléctrico por medio de operaciones sobre los elementos de corte de las subestaciones eléctricas, bajo la coordinación del Despacho de Explotación o del Centro de Maniobras de Distribución.

Se pueden distinguir:

- Maniobras de explotación: modificar el estado de una instalación o equipo eléctrico, por necesidades de su explotación.
- Maniobra de seguridad: garantizar la seguridad de los operarios que efectúan trabajos sobre una instalación o equipo eléctrico.

8.2 Vocabulario

En el Anexo 8, en el apartado 8.2 se definen los términos referentes a maniobras en subestaciones que se puedan necesitar.

8.3 Orden de operación en los aparatos de corte

Los interruptores son aparatos de corte con extinción del arco eléctrico, y por tanto con poder de corte, mientras que los seccionadores sirven para realizar el corte visible de los circuitos careciendo de poder de corte.

8.3.1 Orden de operación de los aparatos de corte de línea

- Para abrir una línea:
Primero abrir los interruptores, y una vez comprobado que se han abierto, abrir los seccionadores
- Para cerrar una línea:
Cerrar primero los seccionadores y después los interruptores.

8.4 Enclavamiento y bloqueos en los aparatos de corte

Algunos de estos aparatos vienen equipados con unos enclavamientos, según lo complejo de la instalación, que impiden realizar de forma incorrecta la maniobra, puesto que enclavar dos aparatos de corte condiciona el funcionamiento de uno de ellos (abrir o cerrar) a una posición (abierto o cerrado) del otro.

Existen dos tipos diverentes de enclavamientos:

- Mecánicos
- Eléctricos

8.5 Realización de maniobras

En el Anexo 8, apartado 8.5 se concreta y explica de forma más amplia los pasos a seguir a la hora de la realización de una maniobra, siendo de forma somera:

- Localizar e identificar la instalación y aparatos de cortes sobre los que se va a actuar.
- Identificar los aparatos de corte que vienen descritos por los letreros que existen en los bastidores de los mandos o en los propios mandos.
- Actuación sobre los mismos para realizar la maniobra.

8.6 Maniobras de explotación en líneas

En el Anexo número 8, apartado 8.6 se especifican los pasos a seguir exactos para la realización de estas maniobras para diferentes configuraciones de subestaciones, así como los esquemas unifilares de los mismos.

Las tratadas en este apartado son:

- 8.6.1 Subestación transformadora con barras simples.
- 8.6.2 Subestación transformadora con barras simples y seccionadores de bypass.
- 8.6.3 Subestación transformadora con barras partidas
- 8.6.4 Subestación transformadora con barra principal y de transferencia.
- 8.6.5 Subestación transformadora con doble juego de barras
- 8.6.6 E.T. con doble juego de barras y bypass (cinco seccionadores).
- 8.6.7. Subestación transformadora con embarrado en anillo.
- 8.6.8 Subestación transformadora con embarrado de interruptor y medio.
- 8.6.9 Subestación transformadora con embarrado de doble barra con doble interruptor.

8.7 Maniobras en transformadores

Ver en el Anexo 8, apartado 8.7 se expresan los pasos que se deben seguir para diferentes tipos de transformadores en cuanto a su maniobra.

8.8 Maniobras para el acoplamiento de transformadores

Se expresan los pasos que se deben seguir para el acople de transformadores, así como las condiciones que se deben de cumplir, en el apartado 8.8 del Anexo número 8.

8.9 Transformador o autotransformador en consignación o descargo

En el Anexo 8, apartado 8.9 se expresan los pasos que se deben seguir para maniobrar transformadores en consigna.

8.10 Maniobras en embarrados

Se define el embarrado como: el nudo donde se realiza la alimentación y el reparto de energía eléctrica dentro de un mismo nivel de tensión.

Sobre las barras se realizan las maniobras de:

- 8.10.1 Maniobras de explotación en embarrados:

Se realizan para poner en servicio los embarrados, conectándose después los circuitos que se alimentan de ellos, tales como líneas, transformadores, reactancias, etc.

En los embarrados de barras dobles, barras dobles con transferencia y por módulos, algunas maniobras de explotación consisten en pasar el servicio de unas a otras barras, con el objetivo de conseguir un adecuado reparto de cargas.

- 8.10.2 Maniobras de seguridad en embarrados:

Cuando en un embarrado o en los elementos conectados directamente a él, tales como seccionadores de barras, transformadores de tensión, autoválvulas, etc. como en la figura siguiente, sean necesarios trabajos de mantenimiento, es preciso que la zona de trabajo quede comprendida dentro de la zona protegida, debiéndose de cumplir para ello las Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas.

TEMA 9. EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN

Hasta el momento se ha realizado una explicación teórica del problema que nos concierne, como es la maniobra en una subestación eléctrica, partiendo de la instalación global y realizando un análisis de la misma así como de los componentes que la forman con grado de detalle creciente.

En este apartado lo que se pretende es realizar la comprobación del grado de conocimiento y experiencia adquiridos a lo largo del estudio del presente proyecto.

Para ello se han utilizado dos softwares distintos, con los que se han generado dos tipos diferentes de ejercicios prácticos por medio de los cuales se realizará tanto la evaluación como el entrenamiento del usuario al que va destinado este proyecto.

Con ellos se han generado los tipos de ejercicios que llamaremos:

- Teóricos: consistirán en la comprobación de la asimilación por parte del usuario de los conocimientos puramente teóricos expuestos en el proyecto (símbolos de elementos de una subestación, numeración de los mismos, etc.).
- Prácticos: en ellos se han construido los circuitos eléctricos que simulan diferentes configuraciones de subestaciones eléctricas, y existen unos elementos de corte sobre los que el usuario puede actuar. Con ellos se realizará el entrenamiento de maniobras sobre un esquema unifilar que simula la propia subestación.

9.1 Ejercicios teóricos

Dichos ejercicios se han desarrollado con la herramienta de software “Hot Potatoes”, la cual permite realizar test de diferentes modalidades, presentando por un lado las preguntas, o imágenes que sirvan como pregunta, y por otro las respuestas (todo explicado en el Anexo 9) pudiendo destacar los tipos:

- Se presenta en la parte superior el título que sirve para presentar y explicar en que consiste el ejercicio, en la parte izquierda se observan la totalidad de las preguntas a responder o imágenes (en el caso escogido), y en la parte derecha unos bloques dentro de los cuales se encuentra la respuesta correcta.

El modo de funcionamiento es muy sencillo, se ha de arrastrar los bloques de respuesta sobre la que se crea que es la pregunta a la que respondería correctamente. Tras hacer lo mismo para todas las preguntas, basta con pulsar sobre check y nos indica el % de respuestas acertadas.

Index =>

EMPAREJA CADA ELEMENTO CON SU IDENTIFICACIÓN

Matching exercise

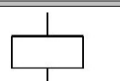
Match the items on the right to the items on the left.

Check


52










T

53

89

Figura 26.
Test tipo 1 de Hot Potatoes

- En el siguiente modelo, las preguntas o imágenes se encuentran junto a una ventana desplegable para cada pregunta, en la cual se encuentran todas las posibles respuestas para todas las preguntas del test.

???

Seccionador de pantógrafo

Seccionador de columna central giratoria

Seccionador de 2 columnas giratorias

Interrupor SF6

Interrupor de aceite

???

???

Check

Figura 27.
Test tipo 2 de Hot Potatoes

9.2 Ejercicios de simulación

Se han desarrollado por medio del programa CADE-SIMU. Se encuentra el proceso de desarrollo de los test así como su funcionamiento en el Anexo número 11.

Se han creado una serie de test, los cuales se encuentran así como su resolución en dichos Anexos en el mismo lugar, encontrándonos por otro lado los ficheros de los archivos sobre los que se va a entrenar y a actuar para simular las maniobras en una subestación eléctrica.

En el caso de que las operaciones se vayan realizando de forma correcta, se irán iluminando los cables indicando que la corriente circula por ellos y dejando de iluminarse cuando ya no circule.

Si se ha realizado toda acción de forma correcta, se encenderá una bombilla que simula el suministro correcto a las líneas, por otro lado si se ha realizado de forma incorrecta lo que ocurrirá será que se activará un aviso sonoro en forma de timbre.

Gracias a todo esto se puede realizar un entrenamiento tanto para los operadores de las diferentes compañías eléctricas, así como para formación a la par de nuevos operarios.

Igualmente este proyecto puede servir para la formación de estudiantes de Ingeniería, cuyos conocimientos se quieran ampliar en el funcionamiento y maniobra de subestaciones eléctricas por de la aplicación docente del actual proyecto en la especialidad de la carrera u otras asignaturas de carácter general.

A continuación se muestran 2 capturas de pantalla que corresponden a los circuitos realizados con el programa de simulación CADE-SIMU, que sirven para dar una idea aproximada de la estructura del programa, para observar todos los ejercicios propuestos acudir al Anexo 10:

- Barra simple

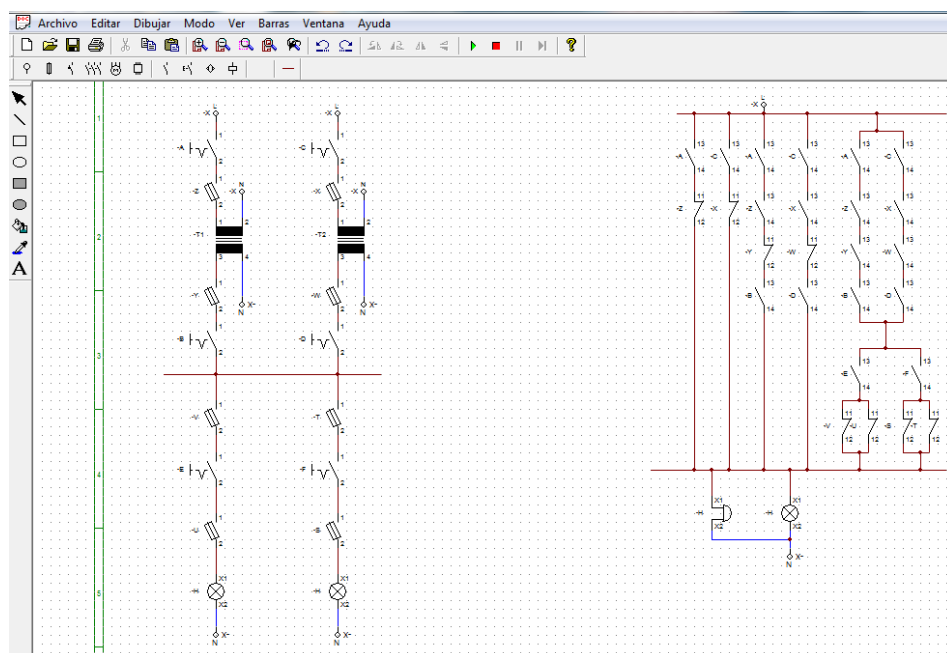


Figura 28.
Ejercicio tipo para barra simple
de CADE-SIMU

- Embarrado en anillo

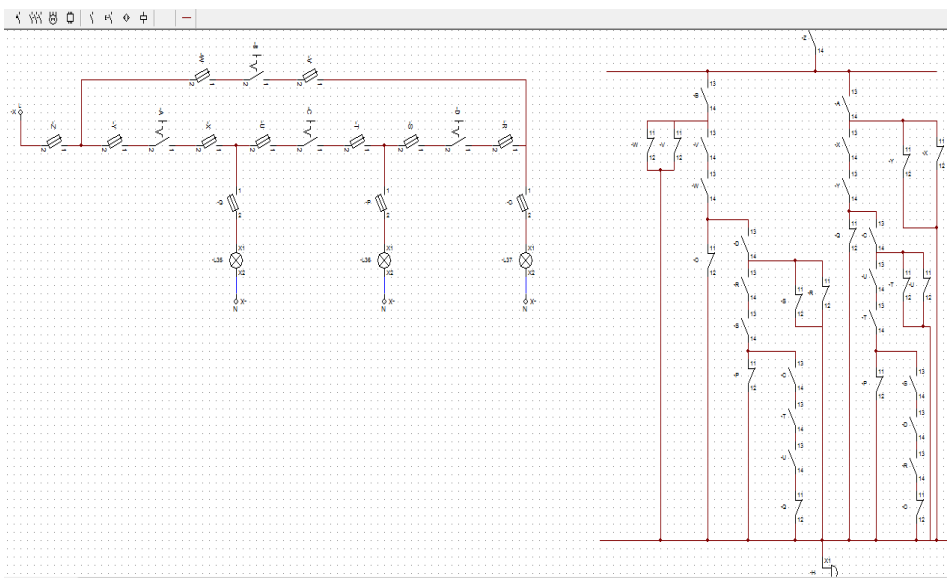


Figura 29.
Ejercicio tipo para anillo
de CADE-SIMU

TEMA 10. CONCLUSIONES

Tras la puesta en práctica y desarrollo del proyecto se puede concluir que se han alcanzado los objetivos planteados al comienzo del mismo. Se han proporcionado las herramientas teóricas necesarias para que el operario o alumno asimilen:

- Cómo se encuentra construida una subestación eléctrica.
- Las diferentes configuraciones según qué objetivos se pretenden conseguir con ellas.
- Los elementos que las componen.
- Las diferentes tecnologías y tipologías de los elementos que realizan el corte de circulación de electricidad.
- Funcionamiento y tipología de los mandos de dichos dispositivos.
- Normas, reglas y secuencia a la hora de realizar las maniobras según las distintas configuraciones.
- Representación y designación de los dispositivos empleados en maniobras.

Por otro lado, gracias a las herramientas de software utilizadas para asimilar y evaluar los conocimientos teóricos adquiridos (HotPotatoes), así como la realización de todos los ejercicios prácticos propuestos con el programa de simulación (CADE-SIMU), el usuario ha sido capaz de afianzar toda la información y datos adquiridos a lo largo del proyecto. De igual modo, durante el desarrollo del mismo ha tenido la posibilidad de entrenar sobre un programa de ordenador la aplicación práctica de los mismos a casos reales planteados.

Con todo ello se ha dotado de la suficiente introducción y preparación por medio de este proyecto al usuario del mismo, tanto alumno como operador de compañía eléctrica, para enfrentarse a maniobras reales con todas las garantías de realizarlas de una forma eficiente, segura y correcta.

Ello conlleva que el actual proyecto posea un valor tanto en cuanto que permite la adquisición de unos conocimientos obtenidos por medio del estudio y de la ejercitación de los mismos a través de las simulaciones, necesarios para la realización de maniobras sin poner en peligro ni a las instalaciones ni a las personas que en ellas intervienen, evitando con ello todos los problemas tanto económicos como funcionales que dichas faltas conllevan, sirviendo pues de gran ayuda tanto a empresas que mejoran la formación de sus trabajadores como a alumnos que aumentan sus conocimientos y capacidades previo paso al ámbito laboral.